



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 24 447 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 15 B 21/08**  
F 16 K 1/54  
G 05 D 7/06

⑳ Aktenzeichen: 197 24 447.5  
㉑ Anmeldetag: 10. 6. 97  
㉒ Offenlegungstag: 17. 12. 98

DE 197 24 447 A 1

㉓ Anmelder:  
Bürkert Werke GmbH & Co., 74653 Ingelfingen, DE  
  
㉔ Vertreter:  
Prinz und Kollegen, 81241 München

㉕ Erfinder:  
Erfinder wird später genannt werden

㉖ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

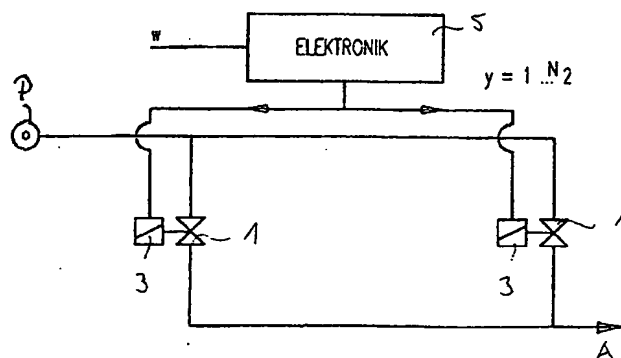
DE 43 19 660 A1  
DE 42 17 577 A1  
DE 37 23 712 A1  
DE 37 00 898 A1

WACHOWIAK, Jerzy: Konzept eines  
quasiproportionalen pneumatischen  
Mikroventils. In: O+P Ölhydraulik  
und Pneumatik 39, 1995, Nr.8, S.628-631;  
JP Patents Abstracts of Japan:  
2-113177 A., M- 999, July 17, 1990, Vol. 14, No.331;  
62-200079 A., M- 669, Feb. 19, 1988, Vol. 12, No. 55;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

㉗ Verfahren zum Herstellen eines digitalen Proportionalventils und Proportionalventil

㉘ Ein digitales Proportionalventil, das mehrere 2/2-Wege-Magnetventile (1) aufweist, deren Eingänge mit einem gemeinsamen Druckanschluß (P) verbunden sind, und die einzeln oder gemeinsam angesteuert werden können, wird durch folgende Schritte hergestellt:  
das Proportionalventil wird in jede mögliche Ventilstellung gebracht, wobei den einzelnen Magnetventilen (1) eine Magnetventilstellung Auf oder Zu zugeordnet ist, in jeder Ventilstellung wird meßtechnisch die durchströmte Fläche und/oder der Durchfluß ermittelt, und die sich dadurch ergebenden, zugeordneten Daten werden in einer mit dem Proportionalventil verbundenen Ansteuerelektronik (5) abgelegt, die die Magnetventile (1) entsprechend der Daten so ansteuern kann, daß sich eine weitgehend kontinuierlich steigende Durchflußkennlinie ergibt.



DE 197 24 447 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines digitalen Proportionalventils, das mehrere 2/2-Wege-Magnetventile aufweist, deren Eingänge mit einem gemeinsamen Druckanschluß verbunden sind und die einzeln oder gemeinsam angesteuert werden können.

Für digitale Proportionalventile werden üblicherweise mehrere 2/2-Wege-Magnetventile auf einem Ventilblock montiert. Für die Magnetventile ist ein gemeinsamer Druckanschluß vorgesehen. Die Ventilausgänge werden dabei zu einem gemeinsamen Arbeitsanschluß zusammengeführt, wie in Fig. 1, das einen Stand der Technik zeigt, dargestellt. Dabei variiert die Anzahl N der Magnetventile typischerweise zwischen  $N = 4$  bis  $N = 16$ . Die Ventilsitze der einzelnen Magnetventile sind dabei in ihrer Dimension so ausgelegt, daß das nachfolgende Ventil eine durchströmte Fläche besitzt, die doppelt so groß ist wie die durchströmte Fläche des vorhergehenden Magnetventils. Dies ist der in der Fig. 2 angegebenen Tabelle zu entnehmen, die einen Auszug aus sämtlichen möglichen Ventilstellungen bei einem Proportionalventil mit acht Magnetventilen wiedergibt. Das erste Ventil hat dabei eine durchströmte Fläche a, und das zweite Magnetventil hat eine durchströmte Fläche 2a. Für die einzelnen Stellungen Auf/Zu jedes einzelnen Magnetventils wird ein Binär-Code 1 bzw. 0 vergeben, so daß der gesamte Binär-Code bei jeder Ventilstellung aus acht Ziffern besteht, wobei jede Ziffer ein Magnetventil und dessen Stellung symbolisiert. Bei jeder Ventilstellung ergibt sich ein entsprechender Durchfluß  $g_0$ . Bei acht Magnetventilen ergeben sich 256 verschiedene Ventilstellungen. Um die Funktion eines durchflußproportionalen Ventils zu realisieren, werden die Ventile binär angesteuert. Bei konstantem Vordruck P erhöht sich mit steigender laufender Nummer und durchströmter Fläche der Durchfluß proportional, vorzugsweise linear.

In der Praxis ergeben sich jedoch Abweichungen von der angestrebten Linearität, da die Durchmesser der Ventilsitze bei üblicher Fertigungsgenauigkeit relativ deutlichen Abweichungen von den geforderten, idealen Querschnitten unterworfen sind und da die Strömung im Ventilblock in Abhängigkeit von der Ventileinbaustellung sogenannte nicht-lineare Effekte mit sich bringt.

Um diese negativen Effekte auszugleichen, müssen bislang in die einzelnen Magnetventile einstellbare Drosseln integriert werden und die Durchflüsse mit relativ aufwendigen Abgleichprozessen eingestellt werden.

Die Erfindung schafft ein sehr kostengünstiges Verfahren zum Herstellen eines digitalen Proportionalventils sowie ein dadurch herstellbares Proportionalventil, das sich durch einen großen Stellbereich, eine hohe Dynamik sowie eine bei geringem Aufwand sehr kontinuierlich ansteigende Durchflußkennlinie auszeichnet. Dies wird durch folgende Herstellungsschritte erreicht:

Das Proportionalventil wird in jede mögliche Ventilstellung gebracht, wobei den einzelnen Magnetventilen eine Magnetventilstellung Auf oder Zu zugeordnet ist, in jeder Ventilstellung wird meßtechnisch die durchströmte Fläche und/oder der Durchfluß ermittelt, und die sich dadurch ergebenden, zugeordneten Daten werden in einer mit dem Proportionalventil verbundenen Ansteuer-elektronik abgelegt, die die Magnetventile entsprechend der Daten so ansteuern kann, daß sich ein weitgehend kontinuierlich steigende Durchflußkennlinie ergibt. Bei dem nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Proportionalventil entfallen die bislang vorgesehenen einstellbaren Drosseln. Die Durchflüsse werden meßtechnisch an jedem Ventil ermittelt, so daß nicht Soll, sondern Ist-Werte der einzelnen Durchflüsse für jedes Magnetventil vorhanden sind.

Diese Ist-Werte werden in der Ansteuer-elektronik abgelegt und von dieser so umgesetzt, daß sie beim gewünschten Durchfluß die entsprechenden Stellungen der einzelnen Magnetventile ansteuern kann und sich somit eine kontinuierlich steigende Durchflußkennlinie ergibt.

Vorzugsweise werden dabei die durchströmte Fläche und der Durchfluß ermittelt.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform werden der sich aus den Magnetventilstellungen Auf/Zu der einzelnen Magnetventile ergebende Binär-Code jeder möglichen Ventilstellung, die zugeordnete durchströmte Fläche und der zugeordnete Durchfluß in einer Tabelle sortiert und in der Ansteuer-elektronik abgelegt. Die Tabelle ist dabei nach steigendem Durchfluß sortiert. Wenn das Ventil einen kontinuierlich steigenden Durchfluß ermöglichen soll, werden nacheinander die, dem Binär-Code entsprechenden Ventilstellungen abgefahren.

Durch die Sortierung der einzelnen Zeilen in der Tabelle, die für das erfindungsgemäße Proportionalventil vom Prinzip her wie die in Fig. 2 angegebene Tabelle aussieht, kann die Kennlinie des erfindungsgemäßen Proportionalventils leicht beeinflußt werden.

Das erfindungsgemäße Proportionalventil hat mehrere 2/2-Wege-Magnetventile, deren Eingänge mit einem gemeinsamen Druckanschluß verbunden sind und deren Ausgänge zu einem gemeinsamen Arbeitsanschluß zusammengeführt sind. Ferner hat das erfindungsgemäße Proportionalventil eine digitale Ansteuer-elektronik, die jedes einzelne Magnetventil einzeln oder mehrere Magnetventile gemeinsam ansteuern kann. Die Ansteuer-elektronik ist so ausgebildet, daß das Proportionalventil durch die Zuordnung von Magnetventilstellungen, durchströmter Fläche und Durchfluß für jede Ventilstellung eine weitgehend kontinuierlich steigende Durchflußlinie hat.

Vorzugsweise sind die Magnetventile auf einem gemeinsamen Ventilblock montiert.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und aus den nachfolgenden Zeichnungen, auf die Bezug genommen wird. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 ein digitales Proportionalventil nach dem Stand der Technik,

Fig. 2 eine Tabelle für ein bekanntes Proportionalventil mit acht Magnetventilen,

Fig. 3 eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Proportionalventils.

Auf die Fig. 1 und 2 wird nicht mehr eingegangen, da sie bereits in der Einleitung abgehandelt worden sind.

Fig. 3 zeigt ein erfindungsgemäßes Proportionalventil, mit mehreren ( $N_2$ ) 2/2-Wege-Magnetventilen 1, von denen nur zwei gezeigt sind. Alle Magnetventile sind auf einem nicht gezeigten Ventilblock montiert. Sie haben einen gemeinsamen Druckanschluß P sowie einen gemeinsamen Arbeitsanschluß A, die mit den Eingängen bzw. Ausgängen der einzelnen Magnetventile 1 verbunden sind. Stellorgane 3 für jedes Magnetventil sind über eine Ansteuer-elektronik 5 einzeln ansteuerbar, so daß jedes Ventil in Auf- oder Zu-Stellung (zugeordneter Binär-Code: 1 bzw. 0) gebracht werden kann. Die einzelnen durchströmten Flächen jedes Magnetventils 1 werden herstellungsbedingt voneinander abweichen, sie können jedoch auch bewußt stark voneinander abweichen und annähernd ein Vielfaches eines anderen sein, so daß ein möglichst großer Stellbereich erzielbar ist.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines digitalen Proportionalventils, das mehrere 2/2-Wege-Magnetventile (1)

aufweist, deren Eingänge mit einem gemeinsamen Druckanschluß (P) verbunden sind, und die einzeln oder gemeinsam angesteuert werden können, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte:

das Proportionalventil wird in jede mögliche Ventilstellung gebracht, wobei den einzelnen Magnetventilen (1) eine Magnetventilstellung Auf oder Zu zugeordnet ist, 5

in jeder Ventilstellung wird meßtechnisch die durchströmte Fläche und/oder der Durchfluß ermittelt, und die sich dadurch ergebenden, zugeordneten Daten werden in einer mit dem Proportionalventil verbundenen Anstetierelektronik (5) abgelegt, die die Magnetventile (1) entsprechend der Daten so ansteuern kann, daß sich eine weitgehend kontinuierlich steigende Durchflußkennlinie ergibt. 10 15

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der sich aus den Magnetventilstellungen Auf/Zu der einzelnen Magnetventile (1) ergebende Binar-Code jeder möglichen Ventilstellung, die zugeordnete durchströmte Fläche und der zugeordnete Durchfluß in einer Tabelle sortiert in der Anstetierelektronik abgelegt sind, wobei die Tabelle nach steigendem Durchfluß sortiert ist. 20

3. Proportionalventil, hergestellt nach dem im Anspruch 1 oder 2 beschriebenen Verfahren, mit mehreren 2/2-Wege-Magnetventilen (1), deren Eingänge mit einem gemeinsamen Druckanschluß (P) verbunden sind und deren Ausgänge zu einem gemeinsamen Arbeitsanschluß (A) zusammengeführt sind, mit einer digitalen Anstetierelektronik (5), die jedes einzelne Magnetventil (1) einzeln oder mehrere Magnetventile (1) gemeinsam ansteuern kann, wobei die Anstetierelektronik (5) so ausgebildet ist, daß das Proportionalventil durch die Zuordnung von Magnetventilstellungen, durchströmten Flächen und Durchfluß eine weitgehend kontinuierlich steigende Durchflußkennlinie aufweist. 25 30 35

4. Proportionalventil nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetventile (1) auf einem gemeinsamen Ventilblock montiert sind. 40

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

45

50

55

60

65

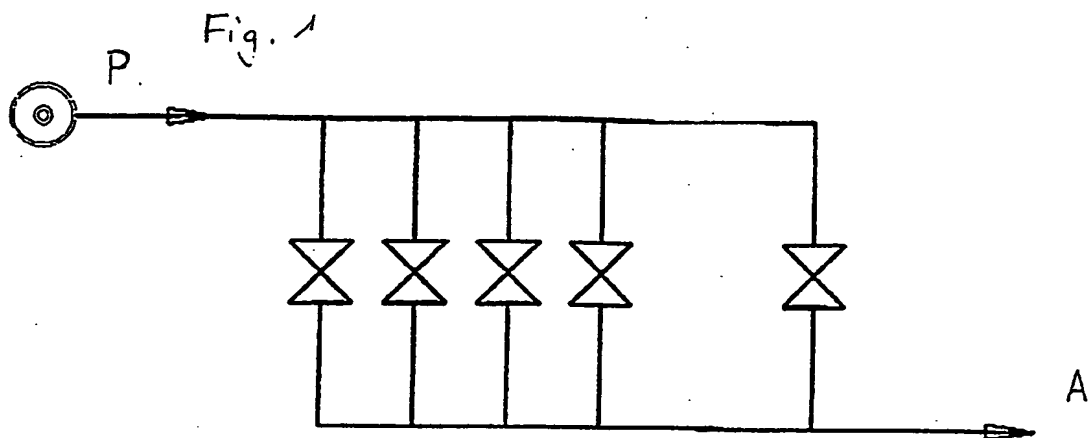


Fig. 2

Lfd.-Nr.	Binär-Code	durchströmte Fläche	Durchfluß
1	1000000	a	$q_1$
2	0100000	2a	$q_2$
3	1100000	3a	$q_3$
4		4a	$q_5$
...	...	...	...
256	1111111	256a	$q_{256}$

